

УДК 519.876.6

С. Н. Исаков, Д. С. Калмыков
(S. N. Isakov, D. S. Kalmykov)
УГЛТУ, Екатеринбург
(USFEU, Yekaterinburg)

**ЦИФРОВЫЕ ДВОЙНИКИ ОБОРУДОВАНИЯ
МАССОПОДВОДЯЩЕЙ СИСТЕМЫ**
(DIGITAL TWIN EQUIPMENT IN THE MASS SUPPLY SYSTEM)

Рассмотрена классификация цифровых двойников и применение их для оборудования массоподводящей системы бумагоделательной машины.

The classification of digital twins and their application for the equipment of the mass supply system of a paper machine is considered.

Анализ литературы выявил массу вариантов определения «Цифровой двойник» и смысл тоже немного отличается. Более общее определение: «Цифрой двойник – виртуальный прототип реального объекта, группы или процессов. Это сложный программный продукт, который создаётся на основе самых разнообразных данных» [1].

По многочисленным классификациям можно выделить три вида цифровых двойников: прототип, экземпляр и агрегатор [2, 3]. Вкратце приведем описание их. *Прототип* – это цифровая модель, которой достаточно для описания и создания физических реальных объектов. Это не только геометрическая и структурная модели, но технологические, а также спецификации процессов и услуг. *Экземпляр* – это цифровая модель конкретного физического объекта, с которым связан весь срок службы. Ведется хронология отказов, ремонтов и других операций с объектом. *Агрегатор* – это система, которая объединяет всех цифровых двойников с мониторингом показаний датчиков.

В целом работа «Цифровой модели» не ограничивается только сбором информации с оборудования, отслеживанием его технического состояния, прогнозированием остаточного ресурса и формированием перечня работ при предстоящем ремонте (обслуживании), но и даёт рекомендации об изменении параметров оборудования для оптимальной его работы. В некоторых случаях «цифровой двойник» можно рассматривать как лабораторную установку, которая позволяет экспериментировать с параметрами системы или воспроизводить сценарии «А что, если...».

Актуальным вопросом остаётся полнота (объём) снимаемых параметров с реального объекта. Малое количество датчиков не позволит снимать всю доступную информацию со всех интересуемых узлов машины и режимах работы. Большой период измерения может «пропустить» быстро-текущий технологический процесс или быстроразвивающийся дефект

оборудования. Другая крайность с большим количеством датчиков и с большой частотой измерения приведет не только к огромному потоку информации, которую нужно обработать и хранить, но её нужно еще передать. В некоторых случаях ограничением могут быть скорость передачи данных беспроводных сетей [1]. Использование цифровой модели повышает энергоэффективность насоса.

С точки зрения эксплуатации большое количество датчиков усложнит работу обслуживающему персоналу, в плане их демонтажа, установки обратно и настройки.

Цифровая модель может также использоваться при монтаже. Если будет известно точное расположение узлов, опорных элементов, элементов здания и т.д., то будет уменьшаться объем слесарных работ «по месту» при монтаже.

Взаимодействие цифрового двойника и насоса

На рис. 1 представлено взаимодействие цифрового двойника (ЦД) и насоса. Датчики 1 и 2 измеряют давление в подводящих и отводящих коллекторах, использование которых также даст информацию по пульсации бумажной массы. Датчики 3, 4 и 5 – комбинированные датчики, измеряющие вибрацию и температуру подшипников насоса и электродвигателя. Поддачи насос изменяется ЧР – блок частотного регулирования. Для диагностики и контроля используется амперметр или ваттметр (поз. 6) [4].

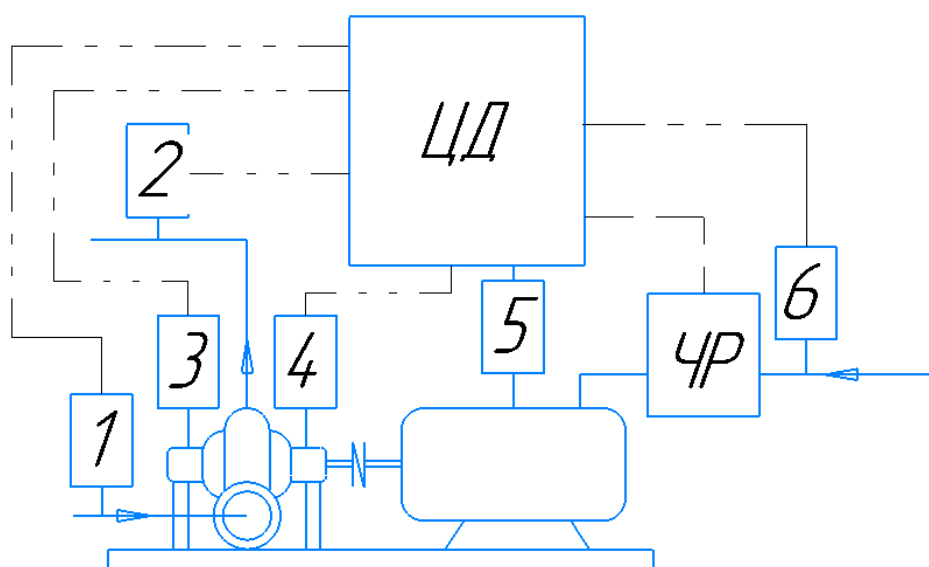


Рис. 1. Взаимодействие цифрового двойника и насоса:
ЦД – цифровой двойник; ЧР – частотный регулятор; 1 и 2 – манометры;
3, 4 и 5 – датчики измерения вибрации и температуры;
6 – амперметр или ваттметр

Взаимодействие цифрового двойника и гидродинамической сортировки

Схема (рис. 2) обмена данными цифрового двойника (ЦД) и сортировки с гидродинамическими лопастями. Сортировка работает под давлением и его нужно отслеживать датчиками 1 и 2. Также требуется контролировать вибрацию подшипников и их температуру (поз. 3 и 4). Для возможности регулирования оборотов используется частотный регулятор (ЧР). Измерение силы тока электродвигателя производится амперметром 6 также для контроля работы сортировки [5].

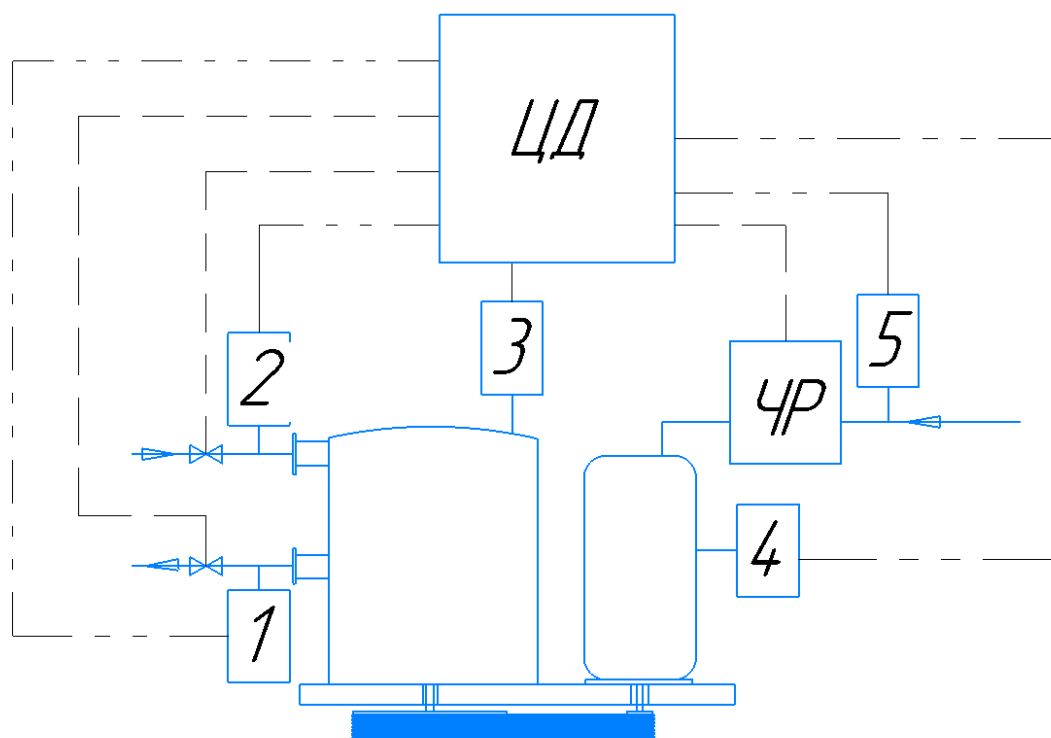


Рис. 2. Взаимодействие цифрового двойника и сортировки:

ЦД – цифровой двойник; ЧР – частотный регулятор; 1 и 2 – манометры; 3 и 4 – датчики измерения вибрации и температуры; 5 – амперметр или ваттметр

Взаимодействие цифрового двойника и вихревых очистителей

Вихревой очиститель работает благодаря перепаду давлений на входе бумажной массы, очищенной буммассы и отходов. Их нужно отслеживать манометрами 2, 3 и 4. Датчик 1 отслеживает качество очистки бумажной массы, а датчик 5 измеряет концентрацию товарного волокна в отходах. Информация с датчиков поступает в цифровой двойник (ЦД), и для изменения параметров вихревого очистителя возможен управляющий сигнал на регулируемую арматуру (рис. 3).

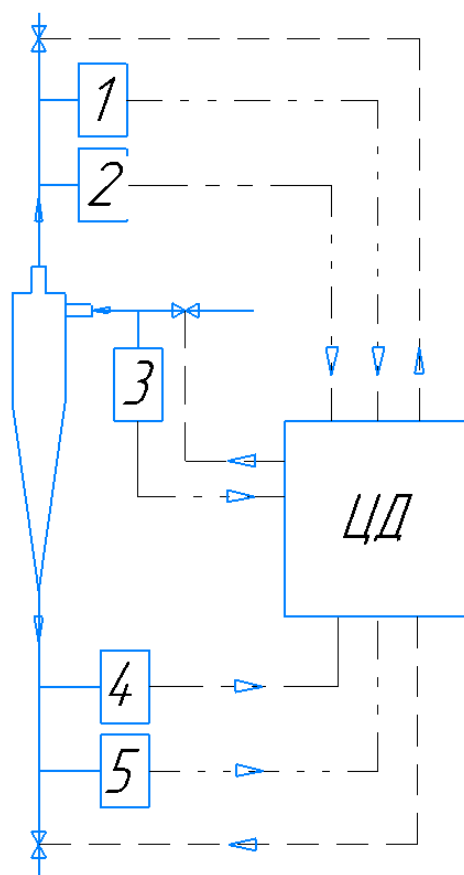


Рис. 3. Взаимодействие цифрового двойника и вихревого очистителя:
ЦД – цифровой двойник; 1 – датчик, отслеживающий качество очистки;
2, 3 и 4 – манометры; 5 – датчик измерения концентрации товарного волокна в отходах

В заключение отметим, что стоимость внедрения данных технологий большая. Хотя аппаратная часть с каждым годом дешевеет, но большая часть затрат – это внедрение, адаптация и настройка. Возможно в некоторых отраслях эффект от внедрения цифровых двойников не превысит затраты.

Библиографический список

1. Дмитриев А. Н., Саяхова А. Ф. Цифровые двойники: использование технологии, проблемы и перспективы развития // Исследование цифровизации экономики России: отраслевые аспекты: мат. студ. круглого стола в рамках X Межд. науч.-практ. Конф., посвященной 113-летию РЭУ им. Г. В. Плеханова. Под редакцией В. И. Ресина. – М. : РЭУ им. Г. В. Плеханова, 2020. – С. 28–36.
2. Поляков Р. Н., Беляев И. В. Предпосылки создания цифровых двойников энергогенерирующего оборудования // Энерго- и ресурсосбережение – XXI век: мат. XVII Междунар. науч.-практ. конф. – Орел : ОГУ им. И. С. Тургенева, 2019. – С. 213–218.

3. Кокорев Д. С., Юрин А. А. Цифровые двойники: понятия, типы и преимущества для бизнеса // Colloquium-journal – Голопристанский районный центр занятости. – 2019. – № 10-2 (34). – С. 101–104.

4. Исаков С. Н. Разработка методов диагностики конструктивных элементов массо-подводящих систем бумагоделательных машин: дис. ... канд. техн. наук 05.21.03. – Екатеринбург, 2010. – 145 с.

5. Исаков С. Н., Сокотов В. А. Колебания вертикальных роторов сортировок бумажной массы // Молодые ученые – ускорению научно-технического прогресса в XXI в.: сб. тр. II Всерос. науч.-техн. конф. аспирантов, магистрантов и молодых ученых с международным участием. – Ижевск : Ижевский гос. техн. ун-т им. М. Т. Калашникова, 2013 – С. 220–224.

УДК 625.852:630.383

И. А. Карабутова, С. И. Булдаков
(I. A. Karabutova, S. I. Buldakov)
УГЛТУ, Екатеринбург
(USFEU, Yekaterinburg)

**ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОСНОВНЫХ ПАРАМЕТРОВ ЭФФЕКТИВНОСТИ
УСТРОЙСТВА АСФАЛЬТОБЕТОННЫХ ПОКРЫТИЙ
ЛЕСОВОЗНЫХ ДОРОГ
(DETERMINATION OF MAIN EFFICIENCY PARAMETERS
OF LOGGING ROADS ASPHALT CONCRETE PAVEMENT)**

Статья посвящена вопросам повышения эффективности технологии устройства асфальтобетонного покрытия лесовозных дорог. Определены основные параметры качества асфальтобетонной смеси и технологические параметры производства асфальтобетонных работ. Для решения поставленной задачи предложено дальнейшее использование методов нечеткой логики.

The article is devoted to the measures of improving the efficiency of asphalt concrete paving technology on logging roads. The main quality parameters of asphaltic concrete mix and technological parameters of asphalt concrete production works are defined. Further usage of fuzzy logic methods are proposed to complete the task.

Леса России, являясь одним из самых ценных природных ресурсов, занимают около 20 % общей площади мирового лесного покрова и удовлетворяют многочисленные экономические потребности общества. Лесная промышленность оказывает существенное влияние на развитие региональной экономики субъектов Российской Федерации, играет важнейшую роль